

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-158698

(43)Date of publication of application : 12.06.2001

(51)Int.Cl.

C30B 29/38  
H01L 21/205  
H01L 33/00  
H01S 5/343

(21)Application number : 11-341637

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 01.12.1999

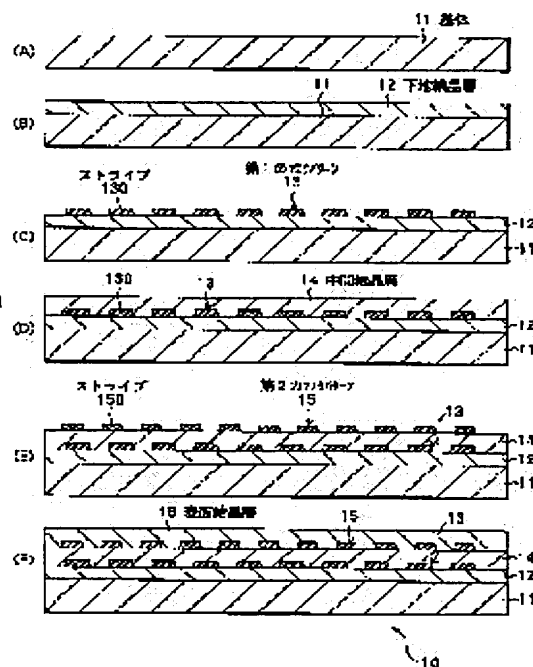
(72)Inventor : MORITA ETSUO

(54) METHOD FOR PRODUCING CRYSTAL OF NITRIDE-BASED III-V COMPOUND, CRYSTAL SUBSTRATE OF NITRIDE-BASED III-V COMPOUND, FILM OF NITRIDE-BASED III-V COMPOUND AND METHOD FOR PRODUCING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a crystal substrate and a crystal film of a simply producible nitride-based III-V compound having no through dislocation, to provide a method for producing the crystal substrate and the crystal film and to provide a method for producing a device using the method.

SOLUTION: A nitride-based III-V compound such as GaN, etc., is grown on the surface of a substrate 11 by a MOCAD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition method), etc., to form a ground crystal layer 12. A first mask pattern 13 of SiO<sub>2</sub>, etc., is formed on the surface of the ground crystal layer. GaN or the like is further grown on a face of the surface of the ground crystal layer not coated with the first mask pattern to form an intermediate crystal layer 14. A second mask pattern 15 of SiO<sub>2</sub>, etc., is formed on the surface of the intermediate crystal layer. GaN or the like is further grown on a face of the surface of the intermediate crystal layer not coated with the second mask pattern to form a surface crystal layer 16. The first and the second making patterns are stripes arranged at fixed intervals. The arrangement periods are mutually different. The stripes are partially superimposed in the thickness direction of the crystal layer and partially not superimposed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

20.02.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]



3

第1の成長工程により形成された前記中間層上にマスク材料を選択的に形成することによって前記第2のパターンを形成するようにし、

さらに、

前記第2のパターン形成工程と前記第2の成長工程の間、

に、

前記第2のパターンをマスクとして前記中間層をエッチングする工程と、

前記第2のパターンのマスク材料を除去する工程とを含むようにしたことを特徴とする請求項15記載の窒化物

系III-V族化合物の結晶製造方法。

【請求項18】 前記第1のパターン形成工程では、前記基体の表面または前記下地層の表面に凹部を形成することによって前記第1のパターンを形成するようにしたことを特徴とする請求項1記載の窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法。

【請求項19】 前記第2のパターン形成工程では、

前記第1の成長工程により形成された前記中間層の表面に凹部を形成することにより前記第2のパターンを形成するようにしたことを特徴とする請求項1記載の窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法。

【請求項20】 さらに、

前記第2の成長工程において、前記第2のパターンが形成された結晶基板において、複数のパターンの厚さが少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合う領域が生じる。

【請求項21】 窒化物系III-V族化合物の結晶基板であって、その厚さ方向における互いに異なる箇所において、複数のパターンの厚さが少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合う領域が生じる。

【請求項22】 窒化物系III-V族化合物の結晶膜であって、その厚さ方向における互いに異なる箇所において、複数のパターンの厚さが少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合う領域が生じる。

【請求項23】 結晶基板または結晶膜の表面に所定の素子膜を形成することによりデバイス製造する方法であって、

基体の表面に、窒化物系III-V族化合物の結晶を所定の厚さに成長させることにより、前記結晶基板または前記結晶膜を形成する成長工程と、

前記結晶膜を形成する成長工程と、

前記結晶膜または前記結晶膜の上に前記所定の素子膜を形成する素子膜形成工程とを含む、

前記成長工程において、

前記結晶の厚さ方向における互いに異なる箇所、に、複数のパターンを形成するようにし、

前記複数のパターンを、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合い、少なくとも一部では前記厚さ方向に互いに重なり合う領域が生じるようにしたことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項24】 さらに、

前記結晶基板または前記結晶膜から前記基体を分離する工程を含むことを特徴とする請求項23記載のデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】 本発明は、例えば半導体レーザ素子などのデバイスの製造方法、このデバイスの製造方法に用いられる窒化物系III-V族化合物結晶基板および窒化物系III-V族化合物結晶膜、およびこれらを製造するための窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、例えば半導体レーザ素子や発光ダイオード(LED)などのデバイスの製造工程では、例えばGaN(窒化ガリウム)などのいわゆる窒化物系III-V族化合物からなる結晶基板または結晶膜の表面に半導体膜などを積層形成している。このような製造工程で用いられる結晶基板または結晶膜を得るためには、窒化物系III-V族化合物のバルク結晶を形成することが望ましいが、窒化物系III-V族化合物のバルク結晶は製造が困難であるため、実際には、例えばAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(サファイア)製の基体の上に窒化物系III-V族化合物の結晶をエピタキシャル成長させるという方法が用いられている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、基体とその上に形成される結晶の結晶構造の違いや、それらの相互作用の弱さのため、界面から転位が発生し易い。このような転位は結晶の成長方向に延び、結晶を貫通してその表面にまで達する。その結果、得られる結晶基板または結晶膜には欠陥が多いという問題があった。

【0004】 この問題を解決するため、特開平10-312971号公報では、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる基体の表面にGaNからなる下地層を形成し、その下地層の表面にSiO<sub>2</sub>(二酸化珪素)からなるマスクパターンを形成し、このマスクパターンを介して下地層の表面にGaNの結晶を成長させる方法が提案されている。この方法によれば、転位の成長がマスクパターンによって阻まれるため、結晶を貫通してその表面にまで達する転位(いわゆる、貫通転位)の数が減少する。しかしながら、この方法では、マスクパターンの開口部分を通して成長した基板または結晶膜の欠陥の数を十分低減することができない。

【0005】 そこで、同公報には、マスクパターンを結晶の厚さ方向における互いに異なる箇所、に、複数のパターンを形成するようにし、

5

品の厚さ方向に二重に形成し、一方のマスクパターンの開口部を通して転位をもう一方のマスクパターンで遮るようによりした方法が開示されている。しかしながら、この方法では、一方のマスクパターンの開口部と他方のマスクパターンとが結晶の厚さ方向に重なり合うように正確に位置合わせを必要とあり、作業が困難になるといえる。

【0006】 また、第46回応用物理学会関係連合講演会1999年春講演予稿集の第416頁には、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>製の基体上に形成されたGaNなどの下地層の表面に凹部を加工し、その下地層の表面にGaN結晶を再成長させる方法が開示されている。この方法によれば、下地層の凹部において転位の成長の方向が変化するため、結晶を貫通する転位の数はある程度減少する。しかしながら、この方法では、下地層の凹部以外の部分を通して成長した転位は結晶を貫通してしまうため、貫通転位の数を十分減少させることができないという問題がある。

【0007】 また、MRS Internet J.Nitride Semicond. Res. 451, 63.38 (1999) およびMRS Internet J.Nitride Semicond. Res. 451, 64.9 (1999) では、「Penetration」という観点から、GaN結晶の表面にマスクパターンを形成してエッチングを行い、溝の側面から横方向に結晶を再成長させると共に、種結晶表面からの結晶成長をマスクパターンにより抑えるようにしている。しかしながら、前者では種結晶の表面から転位が伸びる可能性があり、後者ではマスクパターンの上に新たな転位が発生する可能性があるため、貫通転位を十分に防止することができないという問題点がある。

【0008】 本発明は、かかる問題点を鑑みてなされたもので、その目的は、製造が簡単でかつ貫通転位の少ない窒化物系III-V族化合物結晶基板および窒化物系III-V族化合物結晶膜、それらを製造するための窒化物系III-V族化合物の結晶成長方法、およびそれらを用いたデバイスの製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明による窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法は、基体の表面に窒化物系III-V族化合物の結晶を所定の厚さに成長させる成長工程を含み、成長工程において、結晶の厚さ方向における互いに異なる箇所において複数のパターンを形成するようにし、複数のパターンの厚さが少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合う領域が生じる。

【0010】 また、本発明による窒化物系III-V族化合物結晶基板は、その厚さ方向における互いに異なる箇所、に、複数のパターンを形成するようにし、

6

箇所、に、複数のパターンが形成された結晶基板であって、複数のパターンの厚さが少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合う領域が生じるようにしたことを特徴とする窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法。

【0011】 また、本発明による窒化物系III-V族化合物結晶膜は、その厚さ方向における互いに異なる箇所、に、複数のパターンが形成された結晶膜であって、複数のパターンの厚さが少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合い、少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合う領域が生じるようにしたことを特徴とする窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法。

【0012】 また、本発明によるデバイスの製造方法は、基体の表面に窒化物系III-V族化合物の結晶を所定の厚さに成長させることにより結晶基板または結晶膜を形成する成長工程と、結晶基板または結晶膜の上に所定の素子膜を形成する素子膜形成工程とを含む、成長工程において、結晶の厚さ方向における互いに異なる箇所、に、複数のパターンを形成するようにし、複数のパターンの厚さが少なくとも一部では厚さ方向に互いに重なり合う領域が生じる。

【0013】 本発明による窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法、窒化物系III-V族化合物結晶基板、窒化物系III-V族化合物結晶膜およびデバイス製造方法では、複数のパターンが厚さ方向に互いに重なり合う領域において、転位の成長が確実に阻止される。また、パターンが重なり合う領域と重なり合わない領域とが混在しているため、パターン同士を正確に位置決めしなくても、複数のパターンの厚さ方向に互いに重なり合う領域(すなわち、転位の成長が確実に阻止される領域)が生じる。

【0014】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0015】 第1の実施の形態 図1は、本発明の第1の実施の形態に係る窒化物系III-V族化合物の結晶製造方法を表す工程毎の断面図である。この結晶製造方法は、例えば半導体レーザ素子や発光ダイオード(LED)を形成するための窒化物系III-V族化合物の結晶基板を製造するものである。ここでは、窒化物系III-V族化合物としてGaN(窒化ガリウム)の結晶を形成するものとする。

【0016】 図1(A)に示したように、窒化物系III-V族化合物であるGaNと格子定数および熱膨張係数が近い例えばAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(サファイア)からなる基体11を用いる。なお、基体11の材料としては、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の他に、Si(珪素)、SiC(炭化珪素)、GaAs(砒化ガリウム)、MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(マグネシウム・アルミニウム複合酸化物)、LiGaO<sub>4</sub>(リチウム・ガリウム複合酸化物)およびGaNを用いることができる。

【0017】次に、図1 (B) に示したように、基板11上に、例えばMOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition: 有機金属化学気相蒸着) 法、MBE (Molecular Beam Epitaxy: 分子線エビタキシ) 法、あるいはその他の気相成長法などを用いてGaNを結晶成長させ、例えば厚さ2  $\mu\text{m}$  の下地結晶層12を形成する。

【0018】続いて、図1 (C) に示したように、下地結晶層12の表面に例えばスパッタ法によりSiO<sub>2</sub> (酸化シ素) またはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (窒化珪素) からなる膜を形成したのち、例えばフォトリソグラフィ法およびドライエッチング法によりパターンニングし、第1のマスクパターン13を形成する。第1のマスクパターン13は、4  $\mu\text{m}$  の間隔を開けて配列された幅5  $\mu\text{m}$  の多数の平行なストライプ130を有している。ストライプ130の配列周期 (ストライプの幅と間隔を合わせた値) は9  $\mu\text{m}$  である。なお、第1のマスクパターン13のストライプ130の厚さは、例えば0.2  $\mu\text{m}$  である。

【0019】次に、図1 (D) に示したように、例えばMOCVD法などを用いて、下地結晶層12の表面にGaNの結晶層を成長させることにより、中間結晶層14を形成する。すなわち、下地結晶層12の表面において第1のマスクパターン13のストライプ130によって覆われていない面からGaNの結晶を成長させ、第1のマスクパターン13を完全に覆う厚さまで成長させる。中間結晶層14の厚さは例えば8  $\mu\text{m}$  である。

【0020】続いて、図1 (E) に示したように、中間結晶層14の表面に、例えばスパッタ法によりSiO<sub>2</sub> またはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub> からなる膜を形成したのち、例えばフォトリソグラフィ法およびドライエッチング法によりパターンニングすることにより、第2のマスクパターン15を形成する。第2のマスクパターン15は、第1のマスクパターンと同一の方向に4  $\mu\text{m}$  間隔で配列された幅4  $\mu\text{m}$  の多数のストライプ150を含むものである。ストライプ150の配列周期は8  $\mu\text{m}$  である。

【0021】次に、図1 (F) に示したように、例えばMOCVD法などを用いて、結晶層14の表面にさらにGaNの結晶層を成長させることにより、表面結晶層16を形成する。すなわち、中間結晶層14の表面において第2のマスクパターン15のストライプ150によって覆われていない面からGaNの結晶を成長させ、第2のマスクパターン15を完全に覆う厚さまで成長させる。表面結晶層16の厚さは例えば8  $\mu\text{m}$  である。このようにして、図1 (F) に示したような結晶基板10が形成される。

【0022】ここで、結晶基板10は、本発明における「結晶基板」の一具体例または「結晶膜」の一具体例に対応する。また、下地結晶層12、中間結晶層14および表面結晶層16を合わせたものが、本発明における「結晶」の一具体例に対応する。また、第1のマスクパ

対応して、クラッド層102、ガイド層103、活性層104、キャップ層105、ガイド層106、クラッド層107およびp型コンタクト層108をフォトリソグラフィ法などにより除去し、n型コンタクト層101を露出させる。続いて、表面全体を絶縁膜112で覆うと共に、n-電極110とp-電極111を形成する。なお、n-電極110は、Ti (チタン)、Al (アルミニウム)、Pt (白金) およびAu (金) を層疊して加熱処理により合金化した構造を有している。また、p-電極111は、Ni (ニッケル)、PtおよびAuを層疊して加熱処理により合金化した構造を有している。

【0027】このようにして、図3に示したような半導体レーザ素子100を得ることができる。発光領域であるレーザストライプ (すなわち、パターンニングされたp型コンタクト層108とクラッド層107) は、結晶基板10において第1のパターン13の開口と第2のパターン15のストライプとが重なり合う領域の上部に形成されている。なお、活性層104の上下に位置するガイド層103、106は、活性層104よりも屈折率が高く、両ガイド層103、106の間で光を閉じこめる構造になっている。

【0028】なお、半導体レーザ素子100は、本発明における「デバイス」の一具体例に対応し、n型コンタクト層101からp型コンタクト層108までの層疊体、n-電極110およびp-電極111は、本発明における「素子膜」の一具体例に対応する。

【0029】次に、第1の実施の形態による効果について説明する。図2に符号Tで示した方位は、基板11と下地結晶層12との界面で発生し、下地結晶層12などと共に伴って基板11の表面にほぼ直交する方向に延びる。このとき、第1のパターン13と第2のパターン

$$0.1 \mu\text{m} < p_1 \times p_2 / |p_1 - p_2|$$

【0032】【第1の変形例】 次に、本実施形態の第1の変形例について説明する。この変形例では、第2のマスクパターン15の形状が異なる以外は、第1の実施の形態と同様である。以下、第1の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、その詳細説明は省略する。

【0033】図4は、第1の変形例に係る結晶基板10Aの断面形状を表す図である。この結晶基板10Aでは、第1のマスクパターン13は第1の実施の形態と全く同様形成されているが、第2のマスクパターン15Aは、配列周期の異なる2種類のストライプ15を有している。例えば、第2のマスクパターン15Aは、間隔5  $\mu\text{m}$  で配列された幅4  $\mu\text{m}$  のストライプ52と、間隔5  $\mu\text{m}$  で配列された幅7  $\mu\text{m}$  のストライプ154とを有している。この場合、ストライプ152の配列周期p<sub>2</sub> は9  $\mu\text{m}$  となり、ストライプ154の配列周期p<sub>4</sub> は12  $\mu\text{m}$  となる。これら2種類のストライプは規則的に組みあわせても良いランダムに組みあわせても良い。

【0035】なお、この変形例では、第2のマスクパターン15Aが複数の配列周期の異なる2種類のストライプを有するようにしたが、配列周期の異なる3種類以上、4種類以上のストライプを有するようにしても良い。さらに、第1のマスクパターン13が配列周期の異なる複数種類のストライプを有するようにしても良い。

\*15が結晶基板10の互いに互いに重なり合わない領域 (すなわち、一方のパターンの開口部と他方のパターンのストライプとが重なり合う領域) Rでは、方位の一部は第1のマスクパターン13のストライプ130によって成長を阻まれ、残りの方位は第2のマスクパターン15のストライプ150によって成長を阻まれる。すなわち、この領域Rにおいては、方位が結晶基板10の表面に達することが確実に防止される。

【0030】さらに、第1のマスクパターン13の配列周期p<sub>1</sub> と第2のマスクパターン15の配列周期p<sub>2</sub> が異なるようにするため、そのストライプ130およびストライプ150が互いに平行になるようにしさえすれば、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15とが重なり合わない領域Rを生じさせることができる。従って、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15を正確に位置決めする必要がなく、それだけ製造が簡単になる。つまり、製造工程を複雑にすることなく、貫通方位の無い高品質の結晶基板を得ることができる。

【0031】なお、第1のマスクパターン13のストライプ130の配列周期p<sub>1</sub> と第2のマスクパターン15のストライプ150の配列周期p<sub>2</sub> は、必要に応じて適宜設定することができる。例えば、半導体レーザ素子100を製造する場合、結晶基板10上に形成するストライプ107 (クラッド層107およびp型コンタクト層108) 同士の間隔は1  $\mu\text{m}$  以上5  $\mu\text{m}$  以下であるが、この1  $\mu\text{m}$  以上5  $\mu\text{m}$  以下の範囲に貫通方位の無い領域Rを1箇所ないし10箇所設けるには、第1のマスクパターン13のストライプ130の配列周期p<sub>1</sub> と第2のマスクパターン15のストライプ150の配列周期p<sub>2</sub> が以下の (1) 式を満たすようにする。

$$|p_1 - p_2| < 5000 \mu\text{m} \cdots (1)$$

【0034】このように、第2のマスクパターン15Aが複数の配列周期の異なる2種類のストライプを有するようにしたため、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15Aを互いのストライプが平行になるようにしさえすれば、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15Aとが重なり合わない領域Rを生じさせることができる。この領域Rでは、第1の実施の形態と同様、貫通方位の発生を確実に防止することができ、貫通方位の無い高品質の結晶基板または結晶膜を得ることができる。

【0035】なお、この変形例では、第2のマスクパターン15Aが複数の配列周期の異なる2種類のストライプを有するようにしたが、配列周期の異なる3種類以上、4種類以上のストライプを有するようにしても良い。さらに、第1のマスクパターン13が配列周期の異なる複数種類のストライプを有するようにしても良い。

【0036】【第2の変形例】 次に、本実施形態の第2

の変形例について説明する。この変形例では、第3のマスクパターン15の形状が異なる以外は、第1の実施の形態と同様である。以下、第1の実施の形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、その詳細説明は省略する。

【0037】図5は、第2の変形例に係る結晶基板101Bの断面形状を表す図である。第1のマスクパターン1-1は、第1の実施の形態と全く同様に構成されている。一方、第2の実施の形態と異なり、第2のマスクパターン1-5Bは、隣接するストライプの間隔を2種類有している。すなわち、第2のマスクパターン1-5Bは、例えば4 $\mu$ m間隔で配列された幅5 $\mu$ mのストライプ15を有しているが、図中Sで示したように、ストライプ15の間隔が異なる（例えば7 $\mu$ mとなる）部分が設けられている。このようにしても良いしランダムに設けても良い。

【0038】このように、第2のマスクパターン15Bにおいて、ストライプ156の間隔が他と異なる部分を除いたで、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15Bを互いのストライプが平行になるようにしさえすれば、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15Bとが重なり合わない領域Rを生じさせることができる。すなわち、製造工程を複雑にすることなく、貫通配線の無い高品質の結晶基板または結晶膜を得ることができる。

【0039】なお、第2のマスクパターン15Aには、ストライプ156の間隔が他と異なる部分を設ける代わりに、ストライプ156の幅が他と異なる部分を設けてもよい。また、第1のマスクパターン13に、ストライプ130の間隔または幅が他と異なる部分を設けてもよい。

【0040】第3の変形例に、本実施形態の第3の変形例について説明する。図6は、第3の変形例に係る結晶基板10Cの構成を示す図である。この変形例は、第1のマススクパターン11Cと第2のマススクパターン15Cの形状が異なる以外は第1の実施形態と同様である。以下、第1の実施形態の第1の構成要素には同一の符号を付し、その詳細説明は省略する。なお、図6において、表面図層16は図示を省略する。

【0041】図6に示すように、第1のマस्कパターン13Cは、菱形のマस्क部137と、そのマस्क部137周囲の開口部138からなっている。マस्क部137は、120°の菱形角を有しており、その2組の内角 $\theta_1$ が、120°の菱形角を有しており、その2組の間に平行な2方向（以下、a方向およびb方向とする。）においてそれぞれ等間隔に配列されている。第2のマस्कパターン15Cは、菱形の開口部157と、その開口部157の周囲のマस्क部158からなっている。開口部157は、157°の開口角 $\theta_2$ が60°で大きい方の内角 $\theta_1$ が120°の菱形角を有しており、その2組の内角 $\theta_2$ が120°の菱形角を有しており、その2組

体 1 などを除去する方法としては、例えばレーザー光を照射する方法、超音波により振動を与える方法などがある。このようにして製造された結晶基板を用いて半導体

レーザ電子を形成することも可能である。図 8 は、表面結晶層 16 のみからなる結晶基 10D を用いて形成した半導体レーザ素子 100A の一例を表す断面図である。結晶基 10D 上に形成されている各素子層は、図 3 に示した第 1 の実施形態と同様に構成されている。

[0047] [第 2 の実施形態] 次に、本発明の第 2 の実施形態に係る遷化係素子 111-V 族化合物の結晶製造方法について説明する。図 9 a) および図 10 は、本実施形態に係る遷化係素子 111-V 族化合物の結晶製造方法を説明するための 2 枚の断面図である。

【0048】図9 (A) に示したように、第1の実施の形態と同様、例えば  $\text{Al}_2\text{O}_3$  からなる基体21を用いる。なお、基体21の材料としては、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  の他に、 $\text{Si}$ 、 $\text{SiC}$ 、 $\text{GaAs}$ 、 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ 、 $\text{LiGaO}_2$  および  $\text{GaN}$  を用いることができる。

【0049】次に、図9(D)に示したように、基板21の上に、例えばMOCVD法、MBE法あるいはその他の気相成長法を用いてGa<sub>2</sub>Nを結晶成長させることにより、下地結晶層22を形成する。

【0050】 続いて、図9 (C) に示したように、下地  
結晶層22の表面に例えばバタ法によりSiO<sub>2</sub> お  
よびSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub> の2層からなる膜をこの順に積層形成  
し、フォトリソグラフィ法およびドライエッチング法  
によりパターンニングすることにより、第1のマスクパ  
ターン23を形成する。第1のマスクパターン23は、4  
μmの間隔を開けて配置された幅5μmの多数の平行的な  
ストライプ230を有しており、各ストライプ230は  
Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> からなる下層23aとSiO<sub>2</sub> からなる上層  
23bを含んでいる。このストライプ230の配列周期  
は9μmとなる。

【0051】次に、図9(D)に示したように、第1のマスクパターン23を意として例えばドライエッチングを行い、下地結晶層22の第1のマスクパターン23に覆われていない部分を選択的に除去する。エッチング深さは、下地結晶層22を基板21に達するまで除去するように十分に深さとする。なお、ドライエッチングは、例えばR I E (Reactive Ion Etching: 反応性イオンエッチング) 法を用いて行うのが望ましい。

【0052】次に、図9（E）に示したように、下地結晶層22上に、例えばMOCVD法などを用いてGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>結晶層24を形成させることにより、中間結晶層24を形成させる。このとき、中間結晶層24は、下地結晶層22に形成されたエッチング溝の側面から主に成長する。中間結晶層24は、第1のマスクパターン23を完全に覆う厚さまで成長させる。

【0053】続いて、図9 (F) に示したように、中間結晶層24の表面に、例えばスパッタ法により $\text{SiO}_2$

からなる膜を形成し、フオトリソグラフィ法およびドライエッチング法によりパターンニングして第2のマスクパターン25を形成する。第2のマスクパターン25は、4  $\mu\text{m}$ の間隔で配列された幅4  $\mu\text{m}$ の多数のストライプ25.0を有しており、このストライプ25.0の配列周期は8  $\mu\text{m}$ とされている。

【0054】次に、図9（G）に示したように、第2のマスクパターン25を露光として例えばRIE法によるドライエッチングを行い、中間結晶層24の第2のマスクパターン25に覆れていない部分を選択的に除去する。エッチングが深さは、中間結晶層24を第1のマスクパターン23に達するまで除去するに十分な深さとする。このとき、上述の第1のマスクパターン23がエッチングストップパターとなるため、中間結晶層24の第1のマスクパターン23より下の部分は除去されない。

【0055】次に、図10 (A) に示したように、例え  
ばフッ化水素水を用いて、 $\text{Si-OH}$  からなる第2のマ  
ス クラチン 25 (図9 (C)) を完全に除去する。この  
とき、第1のマスクリン 23 のうち  $\text{Si-OH}$  からは  
上層 23 b が除去され、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  からなる下層 23  
a は除去されずに残る。

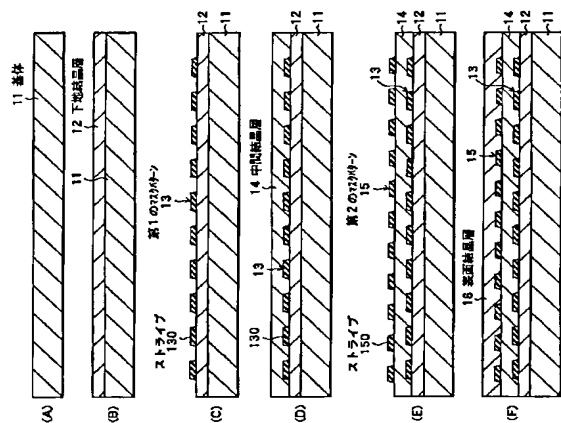
【0056】続いて、図10(B)に示したように、例えばMOCVD法などを用いて、中間結晶層24の表面および周囲にさらにGaNの結晶層を成長させ、表面結晶層26とすると、この表面結晶層26は、中間結晶層24に形成されたエッチング溝の側面に主として成長する。このようにして、図10(B)に示したような結晶基板20が形成され、この結晶基板20の表面に半導体レーザ素子を構成する多層膜を成長させる。半導体レーザ素子を構成する多層膜の形成工程は、図3に示した第1の工程の形態と同様であるため、その説明は省略する。なお、この結晶基板20は結晶膜であっていても良い。

【0057】なお、本実施の形態では、基体21および結晶層22、24、26が一体となったものを結晶基板20としたが、基体21と下地結晶層22および中間結晶層24を（あるいは、さらに表面結晶層26の一部）除去することによって、結晶性の良好な表面結晶層26のみからなる結晶基板を形成することも可能である。また、26のみからなる結晶基板を用いて半導体た、このようにして形成された結晶基板を用いて半導体レーザ素子などを形成することも可能である。

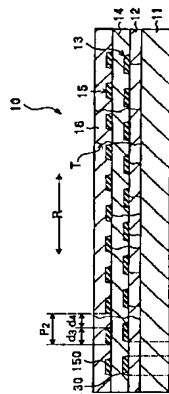
【0058】ここで、結晶基板20は、本発明における「結晶基板」の一具体例、または「結晶膜」の一具体例に对应する。また、下地結晶層22、中間結晶層24および表面結晶層26を含むものも、本発明における「結晶」の一具体例に对应する。また、第1のマスクパターン23およびエッチングされた中間結晶層24は、本発明における「複数のパターン」の一具体例にそれぞれ対応する。加えて、ストライプ23およびストライプ25は、本発明における「構成部分」の一具体例にそれぞれ対応する。さらに、下地結晶層22、中間結晶層24、表面結晶層26、および第1のマスクパターン23は、本発明における「構成部分」の一具体例にそれぞれ対応する。



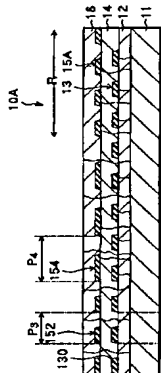
【図1】



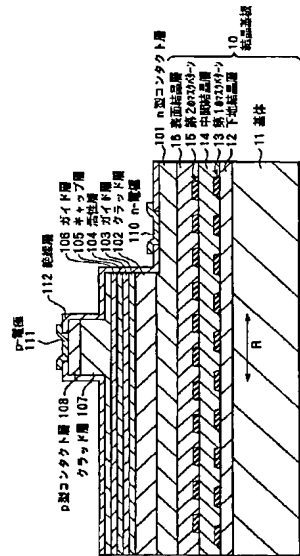
【図2】



【図4】

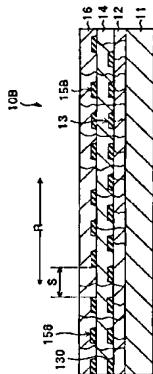


【図3】

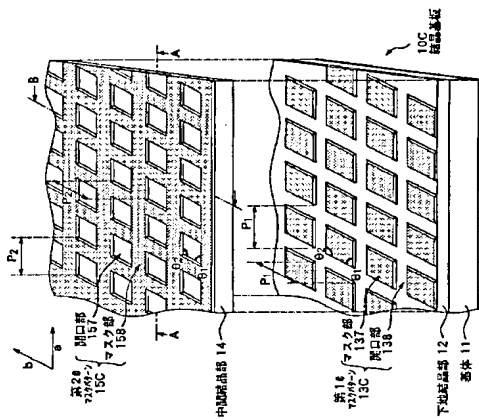


100 半導体レーザ素子

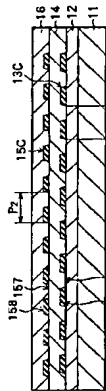
【図5】



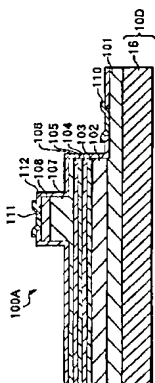
【図6】



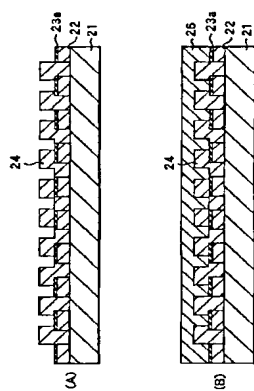
【図7】



【図8】



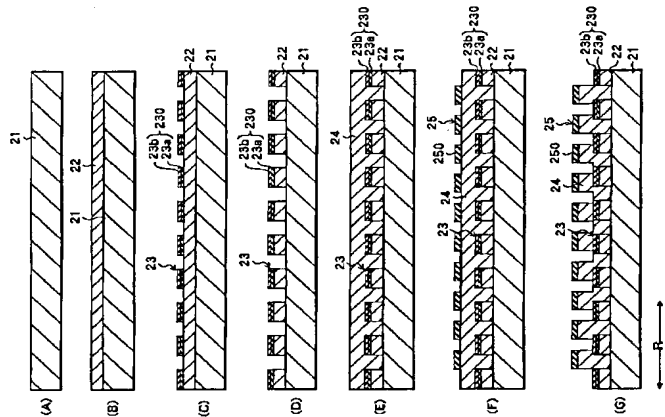
【図10】



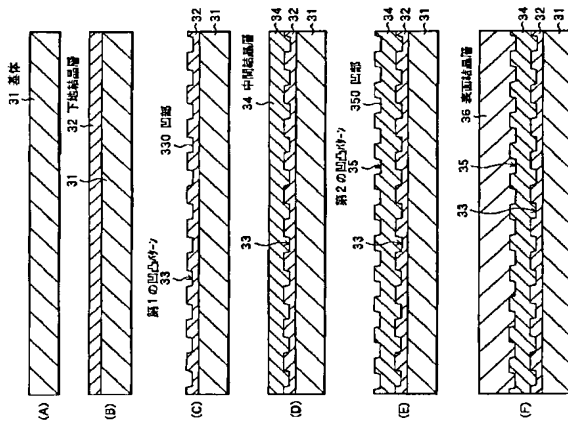
特開2001-158698

(13)

【図9】



【図11】



フロントページの続き

Fターム(参考) 46077 A03 B03 BE11 BE14 BE15  
DA05 DA11 D808 E006 EF04  
H002  
5F041 AA40 CA05 CA33 CA34 CA35  
CA40 CA46 CA57 CA65 CA66  
CA74 CA85 CA87  
5F045 AA04 AB14 AB17 AF03 AF04  
AF09 BB12 CA12 DA53 DA67  
D803  
5F073 AA13 AA45 AA74 CA07 CB22  
DA05 EA29

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第3部門第1区分

【発行日】平成18年4月13日(2006.4.13)

【公開番号】特開2001-158698(P2001-158698A)

【公開日】平成13年6月12日(2001.6.12)

【出願番号】特願平11-341637

【国際特許分類】

C30B 29/38 (2006.01)

H01L 21/205 (2006.01)

H01L 33/00 (2006.01)

H01S 5/343 (2006.01)

【FI】

C30B 29/38 D

H01L 21/205

H01L 33/00 C

H01S 5/343

【手続補正書】

【提出日】平成18年2月20日(2006.2.20)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の名称】窒化物系IⅡ-V族化合物の結晶製造方法、窒化物系IⅡ-V族化合物結晶基板、窒化物系IⅡ-V族化合物結晶膜およびデバイスの製造方法

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項7】前記複数のパターンのそれぞれにおける前記構成部分を、ストライプ形状とするようにしたことを特徴とする請求項2記載の窒化物系IⅡ-V族化合物の結晶製造方法。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項15

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項15】前記下地層を、前記基体上に窒化物系IⅡ-V族化合物を結晶成長させることにより形成するようにしたこと

を特徴とする請求項11記載の窒化物系IⅡ-V族化合物の結晶製造方法。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、製造が簡単でかつ貫通



転位の少ない窒化物系I I I - V 炭化合物結晶基板および窒化物系I I I - V 炭化合物結晶膜、それらを製造するための窒化物系I I I - V 炭化合物の結晶製造方法、およびそれらを用いたデバイスの製造方法を提供することにある。

【手続補正5】  
【補正対象書類名】明細書  
【補正対象項目名】0021  
【補正方法】変更  
【補正の内容】

【0021】

次に、図1 (F) に示したように、例えばMOCVD法などを用いて、中間結晶層14の表面にさらにGaNの結晶層を成長させることにより、表面結晶層16を形成する。すなわち、中間結晶層14の表面において第2のマスクパターン15のストライプ150によって覆われていない面からGaNの結晶を成長させ、第2のマスクパターン15を完全に覆う厚さまで成長させる。表面結晶層16の厚さは例えば8 $\mu$ mである。このようにして、図1 (F) に示したような結晶基板10が形成される。

【手続補正6】  
【補正対象書類名】明細書  
【補正対象項目名】0026  
【補正方法】変更  
【補正の内容】

【0026】

続いて、n-電極1110を形成する位置に対応して、クラッド層102、ガイド層103、活性層104、キャップ層105、ガイド層106、クラッド層107およびp型コンタクト層108をフォトリソグラフィ法などにより除去し、n型コンタクト層101を露出させる。続いて、表面全体を縁線膜112で覆うと共に、n-電極1110とp-電極1111を形成する。なお、n-電極1110は、Ti (チタン)、Al (アルミニウム)、Pt (白金) およびAu (金) を積層して加熱処理により合金化した構造を有している。また、p-電極1111は、Ni (ニッケル)、Pt およびAu を積層して加熱処理により合金化した構造を有している。

【手続補正7】  
【補正対象書類名】明細書  
【補正対象項目名】0029  
【補正方法】変更  
【補正の内容】

【0029】

次に、第1の実施形態による効果について説明する。図2に符号Tで示した転位は、基体11と下地結晶層12との界面で発生し、下地結晶層12などの成長に伴って基体11の表面にほぼ直交する方向に延びる。このとき、第1のマスクパターン13と第2のマスクパターン15が結晶基板10の厚さ方向に互いに重なり合わない領域（すなわち、一方のパターンの開口部と他方のパターンのストライプとが重なり合う領域）Rでは、転位の一部は第1のマスクパターン13のストライプ130によって成長を阻まれ、残りの転位は第2のマスクパターン15のストライプ150によって成長を阻まれる。すなわち、この領域Rにおいては、転位が結晶基板10の表面に達することが確実に防止される。

【手続補正8】  
【補正対象書類名】明細書  
【補正対象項目名】0036  
【補正方法】変更  
【補正の内容】

【0036】

【第2の変形例】

次に、本実施形態の第2の変形例について説明する。この変形例では、第2のマスクパターン15の形状が異なる以外は、第1の実施形態と同様である。以下、第1の実施形態と同一の構成要素には同一の符号を付し、その詳細説明は省略する。

【手続補正9】  
【補正対象書類名】明細書  
【補正対象項目名】0061  
【補正方法】変更  
【補正の内容】

【0061】

また、第1のマスクパターン23のストライプ230の配列周期と第2のマスクパターン25のストライプ250の配列周期が異なっているため、両マスクパターンのストライプ230およびストライプ250が互いに平行になるようにしさえすれば、第1のマスクパターン23および第2のマスクパターン25が重なり合わない領域Rを生じさせることができる。すなわち、製造工程を複雑にすることなく、貫通転位のない結晶基板または結晶膜を形成することができる。

【手続補正10】  
【補正対象書類名】明細書  
【補正対象項目名】0064  
【補正方法】変更  
【補正の内容】

【0064】

図11 (A) に示したように、第1および第2の実施形態と同様、窒化物系I I I - V 炭化合物であるGaNと格子定数および熱膨張係数が近い例えばAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる基体31を用いる。次に、図11 (B) に示したように、基体31の上に、例えばMOCVD法、MBE法あるいはその他の気相成長法を用いてGaNを結晶成長させることにより、下地結晶層32を形成する。

【手続補正11】  
【補正対象書類名】明細書  
【補正対象項目名】0066  
【補正方法】変更  
【補正の内容】

【0066】

次に、図11 (D) に示したように、下地結晶層32の表面に例えばMOCVD法などを用いてGaNの結晶層を成長させ、中間結晶層34を形成する。続いて、図11 (E) に示したように、例えばドライエッチングにより中間結晶層34の表面にストライプ状の凹部350を多数形成し、第2の凹凸パターン35とする。この第2の凹凸パターン35の凹部350は、第1の凹凸パターン33と平行な方向に4 $\mu$ mの間隔を開けて形成された幅4 $\mu$ mの平行なストライプ状に形成されており、その配列周期p<sub>2</sub>は8 $\mu$ mとなる。

【手続補正12】  
【補正対象書類名】明細書  
【補正対象項目名】0071  
【補正方法】変更  
【補正の内容】

【0071】

また、第1の凹凸パターン33の配列周期と第2の凹凸パターン35の配列周期が異なっているため、両凹凸パターンの凹部330および凹部350が互いに平行になるようにしさえすれば、第1の凹凸パターン33および第2のマスクパターン35が重なり合わない領域Rを生じさせることができる。すなわち、第1および第2の実施形態と同様、製造工程を複雑にすることなく、貫通転位のない結晶基板または結晶膜を形成することができる。